



## Variações da metodologia de micronivelamento de Minty em dados aerogeofísicos no domínio do espaço

Mariana V. Maziviero<sup>1</sup>, Rodrigo S. Portugal<sup>1</sup>, Adalene M. Silva<sup>1</sup>  
1- DGRN, Instituto de Geociências, UNICAMP

Copyright 2005, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 9<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, 11-14 September 2005.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 9<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society. Ideas and concepts of the text are authors' responsibility and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

### Abstract

O método de Minty (1991) vem sendo utilizado extensivamente para micronivelamento de dados aerogeofísicos no domínio do espaço, 1-D. No entanto, este método possui algumas limitações, que motivou a remodelagem desta rotina utilizando diferentes filtros. Estes filtros foram testado exaustivamente em um levantamento aerogeofísico a fim de verificar as características dos resultados finais (dado micronivelado) e possibilitando uma comparação entre eles.

### Introdução

O processamento e análise de imagens é uma área interdisciplinar que permite modificar, manipular e analisar imagens digitais, usando como meio o computador. Os procedimentos utilizados permitem que se otimize as operações de tratamento da imagem.

Para que uma imagem digital chegue a etapa de reconhecimento e interpretação há uma série seqüencial, que passa por aquisição e digitalização de dados, pré-processamento, segmentação e representação (Gonzalez, 2000). O presente estudo se concentra na etapa de pré-processamento, mais precisamente num procedimento denominado micronivelamento que envolve o processo de filtragem para a retirada de ruídos, que causam algumas degradações na imagem, e, assim, possibilitando que a etapa final possa atribuir significados a objetos reconhecidos.

Segundo Minty (1991), o micronivelamento de dados aerogeofísicos é realizado através da utilização sistemática de filtros passa-baixa nas linhas de vôo e de passa-alta nas linhas de controle. O objetivo desse trabalho é realizar tais filtragens, utilizando diferentes tipos de filtro, em dados reais, de formas combinadas, para que seja possível verificar as alterações ocorridas nos dados micronivelados.

### Pré – processamento de Imagens

Essa etapa insere os procedimentos de filtragem, que se aplicam ao processo de micronivelamento, podendo ser implementado de duas maneiras: no domínio espacial (Minty, 1991) ou no domínio da freqüência, denominado decorrução, baseando-se na transformada rápida de Fourier (FFT). Nesse estudo será adotada a filtragem 1-D, de janela ímpar M móvel, no domínio do espaço.

Como uma imagem resultante de um levantamento em geral é bastante ruidosa, o uso de técnicas de filtragem é praticamente indispensável, já que durante a aquisição de dados em campo em geral há influências de fenômenos naturais, além do erro do equipamento. (Blum, 1999).

Os processos de filtragem passa-alta e passa-baixa se associam à exclusão ou atenuação de freqüências baixas e altas, respectivamente. Enquanto os métodos de filtragem passa-baixa são também denominados filtros de suavização, pois o efeito desse filtro em geral resulta em perda de definição, pois as altas freqüências em imagens digitais caracterizam as bordas e detalhamento mais fino, os métodos de filtragem passa-alta tendem a realçar a alta freqüência produzindo realce de determinadas características da imagem.

### Métodos de filtragem

Os métodos de filtragem utilizados são:

- i) *Método da Média Móvel*, esse método tem como amostras de saída uma média aritmética das amostras de entrada (Smith, 1997). Ao redor de um determinado ponto, usando os pontos contíguos e simétricos dados pelo número da janela M, faz-se uma média simples dos mesmos;
- ii) *Método da Mediana Móvel* é um método que atribui ao valor central da ordenação da janela o dado de saída;
- iii) *Método do Ponto Médio Móvel* corresponde a fazer ordenação dos dados da janela M e fazer uma média simples com o valor máximo e mínimo, fornecendo a amostra de saída.

Os métodos supracitados tratam-se de filtros passa-baixa e, como o método de micronivelamento exige que se realize filtragem passa-alta, os filtros utilizados serão os mesmos citados, já que os dados passa-baixa fornecem

um dado passa-alta ao serem subtraídos dos dados originais.

### Técnica de Micronivelamento

Através da técnica de micronivelamento de Minty (1991) faz-se uma das primeiras correções a serem aplicadas para a retirada de erros de nivelamento residuais dos dados aerogeofísicos (Blum, 1999).

Para remover os ruídos referentes às imperfeições de nivelamento das malhas de amostragem, procede-se ao micronivelamento, quando se tratando do domínio espacial (Minty, 1991; Blum, 1999; Silva, 1999). A remoção dos ruídos devido ao desnivelamento das linhas de vôo – que gera padrões com anomalias alongadas seguindo a orientação da linha de vôo – não provoca perda de sinais de alta frequência. O procedimento de remoção das anomalias consiste na aplicação de filtros de duas direções de uma grade (na direção e perpendicularmente à linha de vôo).

O método desenvolvido por Minty (1991), que consiste em filtrar as linhas ortogonais do levantamento aerogeofísico, tem o seguinte procedimento:

- (a) passar um filtro passa-alta na malha A na direção das linhas de controle, resultando em uma malha B (com comprimento de onda com no mínimo duas vezes a distância entre as linhas de vôo);
- (b) passar um filtro passa-baixa na malha B na direção das linhas de controle, resultando em uma malha C (comprimento de onda com no mínimo a distância entre as linhas de controle) e
- (c) subtrair a malha C da malha original A, obtendo a grade final com as anomalias alongadas removidas, resultando na malha final micronivelada.

Sendo que é também sugerido um método alternativo, mas com um mesmo resultado, onde os passos (a) e (b) são invertidos.

Através desse procedimento, em transformações que se destacam alta frequência originalmente, a razão sinal ruído (S/N) não torna os resultados inutilizáveis. Cabe ressaltar que o micronivelamento de Minty, 1991 mostra problemas na distinção entre sinal e ruído na direção paralela à linha de vôo (Minty *et al*, 1997).

### Iteração Computacional

Para realização do processo de micronivelamento de Minty (1991) em dados aerogeofísicos, utilizou-se o software Matlab, versão 6.1. Através de funções que compreendem os diferentes métodos de filtragem passa-baixa e passa-alta tomou-se como parâmetros variáveis o tamanho M da janela ímpar e o número p de passagens do filtro sobre o dado, nas linhas de vôo e de controle.

O dado-imagem utilizado corresponde a uma matriz  $m \times n$ , sobre a qual foi realizado o procedimento descrito por Minty através do seguinte algoritmo:

1. Defina matriz  $A_{m \times n}$ , onde m é o número de linhas e n o número de colunas; e B e C como sendo matrizes auxiliares de saída (também  $m \times n$ );
2. Repetir i vezes, com  $i = 1, \dots, n$ :
  - (a) Selecione a i-ésima coluna:  $x = \text{getcol}(A, i)$ ;
  - (b) Aplicar um filtro passa-baixa à coluna;
  - (c) Guardar a coluna filtrada na matriz B em sua posição original i:  $\text{putcol}(B, y, i)$ .
3. Repetir o procedimento 2  $p_y$  vezes;
4. Repetir j vezes, com  $j = 1, \dots, m$ :
  - (a) Selecione a j-ésima linha:  $x = \text{getrow}(B, j)$ ;
  - (b) Aplicar um filtro passa-alta à linha;
 

‘nesse caso foram utilizados os filtros passa-baixa subtraídos dos dados originais que é um filtro passa-alta’
  - (c) Guardar a linha filtrada na matriz C em sua posição original j:  $\text{putrow}(C, y, j)$ ;
5. Repetir o procedimento 4  $p_x$  vezes;
6. Obter matriz resultante R, através da subtração de  $(A - C)$ .



Figura 1 – Modelo esquemático de micronivelamento de Minty, 1991. A escolha da direção do tipo de filtro relaciona-se com as linhas de vôo N-S e linhas de controle E-W.

O tamanho M da janela móvel corresponde ao número de dados selecionados e a sua influência sobre os dados vizinhos, ou seja, se observa um menor grau de detalhamento, quanto maior for o valor estipulado.

O enfoque desse trabalho corresponde em realizar comparações entre os dados micronivelados com diferentes tamanhos de janela e diferentes números de repetições da filtragem sobre as linhas de vôo e de controle.

### Micronivelamento de dados

Os dados aerogeofísicos utilizados nesse trabalho, a fim de ilustrar o algoritmo de micronivelamento, foram adquiridos em 1978, pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM. Os tipos de levantamentos aerogeofísicos realizados foram magnetométrico e gamaespectrométrico, com linhas de vôo (LV) na direção N-S e linhas de controle (LC) na direção E-W, espaçadas em 2km e 20km, respectivamente. Importante destacar que o arcabouço geológico da região não será tratado já que o dado-imagem foi selecionado justamente pela quantidade pronunciada de ruídos para que fossem testadas as variações do algoritmo.

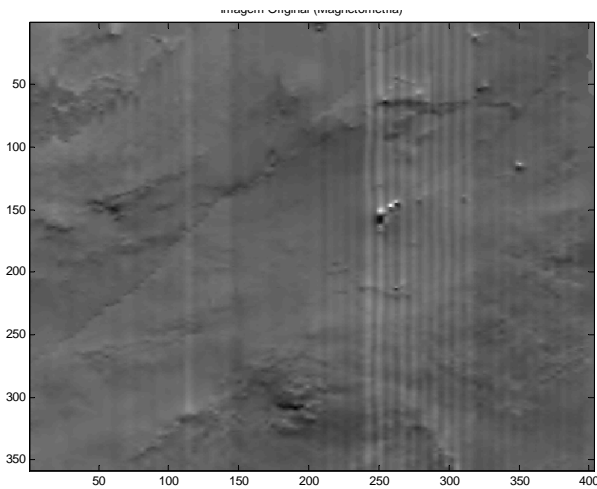


Figura 2 – Imagem original, na qual se destaca os ruídos que serão posteriormente eliminados pela técnica de micronivelamento.

### Resultados

Através do presente trabalho e com a exaustiva alteração dos parâmetros do algoritmo o resultado na minimização dos ruídos apresenta-se de forma mais ou menos expressiva.

Para ter um parâmetro dos resultados obtidos, as imagens seguintes foram microniveladas utilizando-se o filtro da Média Móvel na direção das linhas de controle e o filtro passa-alta proveniente do Método da Média Móvel nas linhas de vôo, seguidos pela alteração do número de passagens  $p$  dos filtros sobre as respectivas linhas e o tamanho da janela  $M$  móvel.

Os resultados mostram as disparidades entre extremos das variações paramétricas, permitindo uma comparação. A figura 3 é uma imagem micronivelada que

apresenta janela  $M=3$  e número de filtragens  $p=500$  enquanto a figura 4 ilustra o dado micronivelado com janela  $M=25$  e número de filtragens  $p=20$ .

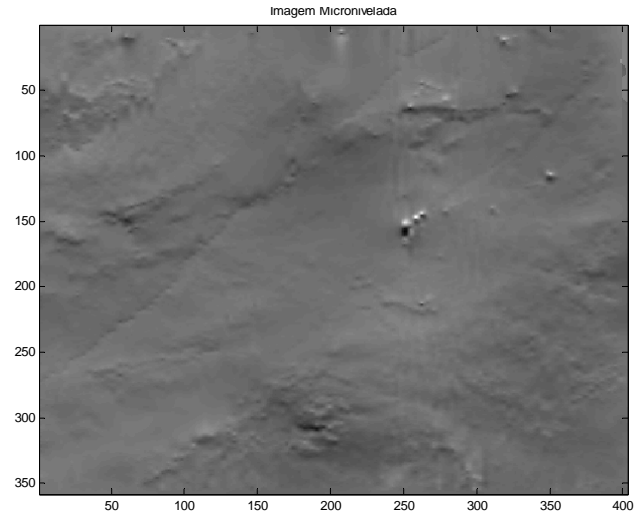


Figura 3 – Imagem Micronivelada, usando filtro passa-baixa da Média Móvel nas linhas de controle e o passa-alta correspondente nas linhas de vôo. O tamanho da janela  $M$  é 3 e as filtragens foram realizadas em suas respectivas linhas 500 vezes.

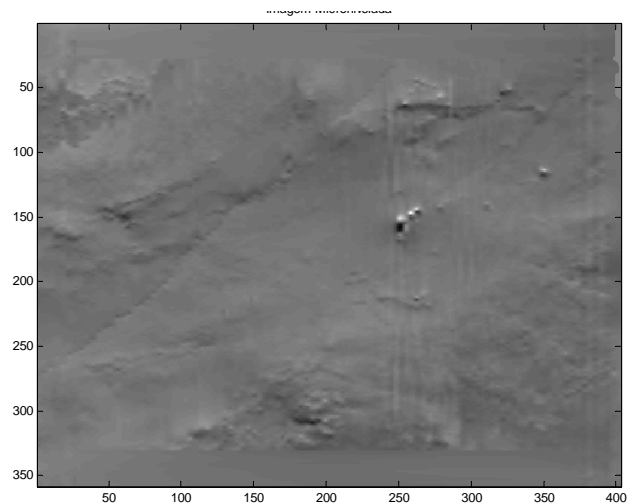


Figura 4 – Imagem Micronivelada, usando filtro passa-baixa da Média Móvel nas linhas de controle e o passa-alta correspondente nas linhas de vôo. O tamanho da janela  $M$  é 25 e as filtragens foram realizadas em suas respectivas linhas 20 vezes.

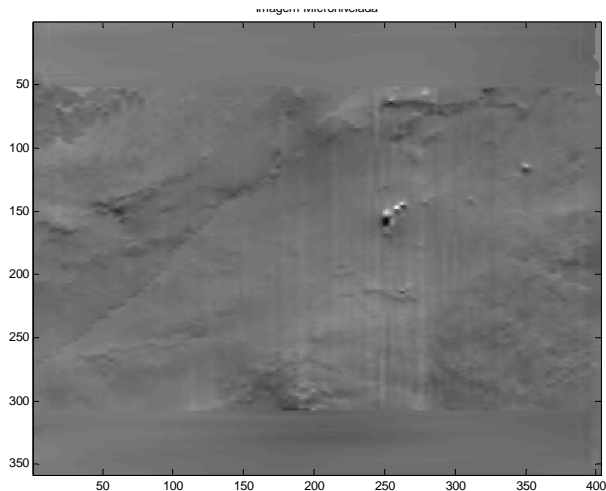


Figura 5 – Imagem Micronivelada, usando filtro passa-baixa da Média Móvel nas linhas de controle e o passa-alta correspondente nas linhas de vôo. O tamanho da janela M e o número de filtragens nas linhas de controle é 25 e o tamanho da janela M e o número de filtragens nas linhas de vôo é 100.

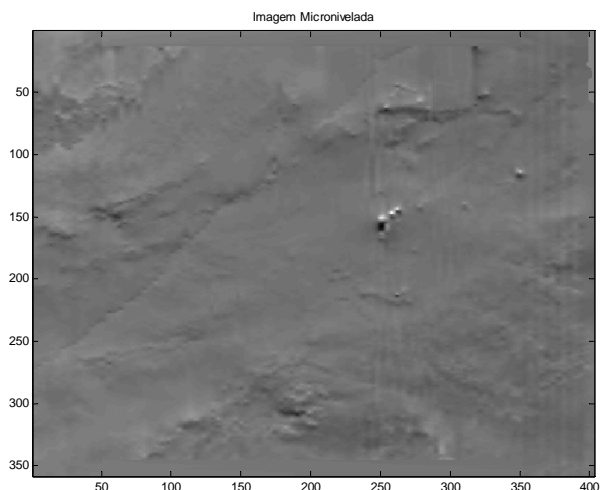


Figura 6 – Imagem Micronivelada, usando filtro passa-baixa da Média Móvel nas linhas de controle e o passa-alta correspondente nas linhas de vôo. O tamanho da janela M e o número de filtragens nas linhas de controle é 100 e o tamanho da janela M e o número de filtragens nas linhas de vôo é 25.

## Conclusões

Mesmo após os procedimentos usuais de correção e nivelamento dos dados, a presença de ruídos pode comprometer a etapa de reconhecimento e interpretação da imagem (Gonzalez, 2000).

Em seu trabalho, Minty (1991) ofereceu uma técnica de micronivelamento anteriormente descrita que possibilita a atenuação de imperfeições (alongamentos) que ocorrem especialmente em levantamentos aerogeofísicos magnetométricos, nas linhas de vôo N-S, no entanto não descreve qual o filtro utilizado nem suas características paramétricas.

Com o método experimental há a possibilidade de testar rotinas de micronivelamento alternativas que permitem um melhor resultado de acordo com os dados da imagem original. Finalmente, ao aplicar tais métodos com a finalidade de aplicação para futuro estudo do dado-imagem em questão, o custo computacional das iterações devem ser previamente levantados

## Referências

- Blum, M. L. B.**, 1999. Processamento e Interpretação de dados de geofísica aérea no Brasil Central e sua aplicação à Geologia regional e à prospecção mineral. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, UnB.
- Gonzalez, R.C.**, Woods, R., Processamento de Imagens Digitais, Tradução de Roberto Marcondes César Junior, São Paulo, Editora Edgard Blucher, 2000.
- Minty, B.R.S.**, 1991. Simple micro-levelling for aeromagnetic data: *Exploration Geophysics* 22:591-592.
- Minty, B.R.S.**; Luyendyk, A.P.G.; Brodie, R.C. 1997. Calibration and data processing for airborne geophysical data. *ASGO Journal of Australian Geology & Geophysics*, 17 (2):51-62
- Silva, A. M.**, 1999. Integração de dados geológicos e geofísicos utilizando-se uma nova técnica estatística para seleção de alvos para exploração mineral, aplicada ao Greenstone Belt Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, UnB.